

# ALMÁR IVÁN

## Élet az Univerzumban: szabály vagy kivétel?



Almár Iván  
űrkutató-csillagász,  
c. egyetemi tanár

„A nagy kérdés az, hogy a Világegyetem alapvetően csillagokból és galaxisokból, vagy életből és értelemből áll” (Steven J. Dick amerikai tudománytörténész).

Tudjuk, hogy a hatalmas Világegyetem tele van a Naphoz hasonló csillagokkal, sőt valószínűleg a Földünkhöz hasonló bolygók sem ritkák. Tudjuk, hogy a Földön szinte a kezdet kezdetén megjelent az élet, és messzemenően alkalmazkodva az adott körülményekhez évmilliárdokig tartó, bonyolult fejlődéssel eljutott az értelemig és a technikai civilizációig. Járható ez az út más égitesteken is, vagy csak az események rendkívül valószínűtlen, véletlen láncolatáról van szó, vagyis Földünk lényegében ritka vagy egészen egyedülálló *kivétel* az élettelen Univerzumban? Vagy éppen ellenkezőleg, ez a *szabályos* út, mert erre vezet a fejlődés a galaxisok sok százmilliárdnyi csillaga körül? Tudjuk, hogy a matematika, a fizika, a kémia törvényei általánosak, vagyis egységesen érvényesek az egész Világegyetemben, de vonatkozik-e ez a rájuk épülő biológia törvényeire is – hiszen a biológia jelenleg *egyetlen* ismert életforma, a földi, tanulmányozásán alapszik! Hogyan fog feloldódni az a napjainkban egyre feloldhatatlanabbnak tűnő ellentmondás, amely a mérhetetlenül nagy és végtelenül változatos *élettelen* Univerzum, illetve a parányi, de ugyanakkor a tengerek mélyétől a sztratoszféráig

1932-ben született. 1954-ben végzett az ELTE Természettudományi Karának matematika–fizika szakán. 1959-ben a fizika (csillagászat) tudományok kandidátusa, 1980-ban akadémiai doktora lett.

Pályáját a Csillagvizsgáló Intézetben kezdte, a Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban, majd az MTA Csillagászati Kutatóintézetében folytatta. A hetvenes évek második felében kezdte foglalkoztatni a SETI, a földön kívüli értelmes civilizációk problémája. 1982-ben tagjává, 1986-ban társelnökévé választotta a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia 1966 óta működő SETI Bizottsága. Kezdetől fogva tagja a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 1982-ben alapított Bioasztronómia Bizottságának, előadóként rendszeresen részt vesz a háromévente szervezett Bioasztronómia szimpóziumok többségén. A COSPAR, a Planetary Society tagja, a soknyelvű Asztronautikai Terminológiai Adatbázis magyarországi szerkesztője.

Főbb kutatási területei: a felsőlégkör űreszközökkel történő vizsgálata, a kozmikus geodézia, a földön kívüli értelem keresése, továbbá az asztronautikai terminológia kidolgozása.

**Bioasztronómia** →  
asztrobiológia.

**Asztrobiológia:**

olyan tudományközi kutatási terület, amelynek fő célja az élet bármilyen általunk ismert formájának keresése a Földön kívül, a földi élet kialakulásának, evolúciójának és jövőbeli sorsának megértése, az élet és az Univerzum valódi viszonyának tisztázása. Nevezik exobiológiának és bioasztronómiának is.

**Exobiológia** → asztrobiológia.

és az Antarktiszig *élettel* tökéletesen átitatott Földünk között feszül? Merre és milyen módszerrel keressük a megoldást? Egyedül vagyunk-e az Univerzumban? Mit tegyünk, ha idegen, Földön kívüli életet találunk, és felismerjük-e azt egyáltalán? Van-e jövője az életnek az Univerzumban, ha csak erre az egyetlen, törékeny égitestre, Földünkre korlátozódik?

Amiről az előadás szól, az **bioasztronómia** (vagy **asztrobiológia**, vagy **exobiológia**) néven önálló, divatos tudományággá vált a 20. század legvégén. Célja az élet és az Univerzum valódi viszonyának tisztázása. Az *élet* fogalmát itt úgy használjuk, ahogy a Földön találkozunk vele, vagyis eltekin-tünk más, egyesek által lehetségesnek feltételezett, de soha nem tapasztalt formáitól.

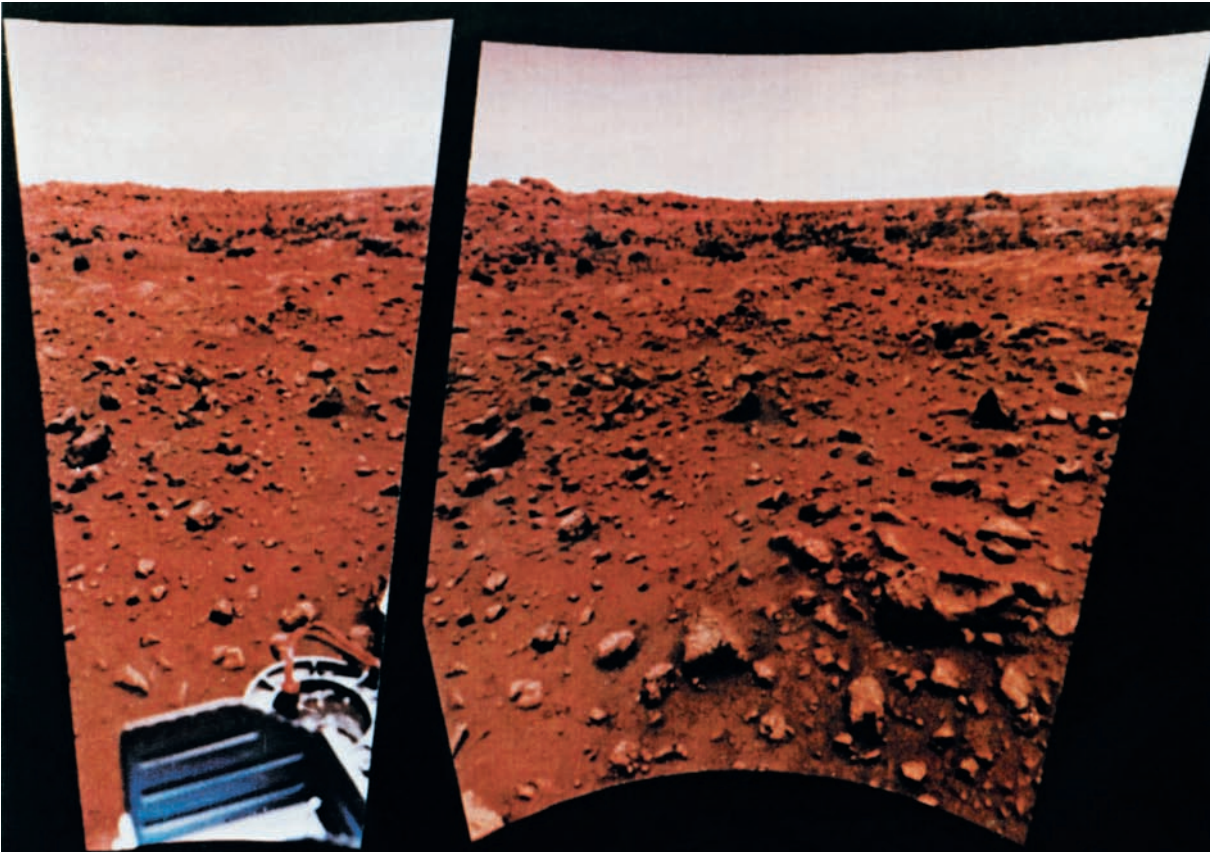
## Az asztrobiológia története

### Élet más égitesteken

Korábban biztosak voltak abban, hogy az égitestek lakottak. Ma egyre messzebb keressük intelligens társainkat. De amikor azt állítottuk, hogy mi vagyunk a világ közepe, mindig tévedtünk. Amint a heliocentrikus szemlélet a 17. és 18. században fokozatosan teret nyert, s világossá vált a Hold és a bolygók igazi természete, egyre élénkebb vita tárgyát képezte, hogy lakot-tak-e ezek az égitestek. Filozófiai kérdésnek tekintették, hogy lehet-e egyál-talán célja és értelme egy lakatlan égitestnek. A 19. század első felében még holdvárosokról és holdlakókról cikkeztek az újságok. Miután a megfigyelé-

„Holdlakó” a 19. századból





sek egyértelművé tették, hogy a Holdnak nincs légköre, és életnek nincs nyoma a felszínén, a Mars következett. A 19. század végén a „Mars-csatornák” felfedezése nyomán fejlett technikai civilizációt sejtettek a Marson, és esetleg más bolygókon is. Csak a 20. század során vált egyértelműen elfogadott megfigyelési tényré, hogy nincsenek mesterséges csatornák a Marson, és a Naprendszerben egyedül a Földön található magasabb rendű élet.

*A Mars felszíne*

Ezt követte az 1959-ben Giuseppe Cocconi és Philip Morrison által meghirdetett, majd Frank Drake által a gyakorlatban megkezdett CETI-program: keressük a távoli csillagok körül kifejlődött civilizációk üzeneteit a rádióspektrumban! Az azóta eltelt több mint negyven év során egyre érzékenyebb műszerek és keresőprogramok léptek működésbe – az általuk észlelhető jelek szinte már megfelelnek annak, amit jelenlegi Földünkéről több száz fényévi távolságból regisztrálhatnának. Vagyis egyre távolabbra tolódik annak a gömbnek a határa, amelyen belül hozzánk hasonló társainkat kereshetjük – de léteznek-e egyáltalán?

Az utóbbi 300–400 év csillagászati felfedezései gyökeresen megváltoztatták a korábbi Föld-centrikus világképet. Kiderült, hogy nem Földünk van a világmindenség közepén, a Föld csak a bolygók egyike. Kiderült, hogy a Nap csak egy átlagos csillag abban a legalább százmilliárdnyi csillagból álló csillagvárosban, amelyet Tejútrendszernek nevezünk.

Kiderült, hogy a tejútrendszerek (galaxisok) száma mérhetetlenül nagy, és a mienknek nincs kitüntetett helyzete. Vagyis amikor az emberiség úgy hitte, hogy helyzete valamilyen szempontból középponti az Univerzumban,



*Drake, Frank (1930–)*





Csillagok a Tejútrendszerben

**Antropikus elv  
(lakható világ elve):**

e sokak által vitatott elv szerint a Világegyetem jelenségeinek vizsgálata során nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy legalább az emberi élet kialakult benne. Ebből kiindulva például az Univerzum fejlődésével kapcsolatos elméletek közül csak azok lehetnek helyesek, amelyek semmilyen részlete nem jelent akadályt a földi élet megjelenése szempontjából.

akkor mindig tévedett. Lakhelyünk parányi, jelentéktelen porszem egy elképzelhetetlenül hatalmas és változatos Világegyetemben, amely azonban nyilvánvalóan kedvez az életnek (**antropikus elv**). Hány hasonló, étellel és civilizációval rendelkező égitest lehet csupán a Tejútrendszerben? Erre a kérdésre hiteles válasz még nem született, de gondolataink rendezésére igen alkalmas Frank Drake 1961-ben felírt nevezetes formulája.

## A Drake-formula

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

ahol

$N$  a Galaxisunkban velünk egyidejűleg létező, kommunikációra képes technikai civilizációk száma,

$R^*$  az alkalmas csillagok keletkezési üteme a Galaxisunkban,

$f_p$  az alkalmas bolygórendszerrel rendelkező csillagok részaránya,

$n_e$  a bolygók átlagos száma a „lakható zónákban”,

$f_l$  az élet kialakulásának valószínűsége egy bolygón,

$f_i$  az értelem kialakulásának valószínűsége,

$f_c$  a (kommunikatív) technikai civilizáció kialakulásának valószínűsége,

$L$  a technikai civilizáció várható (észlelhető) élettartama.

# Különleges-e csillagászati helyzetünk?

## A Nap helyzete a Galaxisban

Alapvető kérdés, hogy van-e Földünknek, bolygórendszerünknek vagy Napunknak bármilyen igazán különleges, ritka jellemzője, amely magyarázza, hogy miért éppen itt virágzik az élet, ezen a parányi bolygón. Vannak, akik azal érvelnek, hogy a Nap azért különleges csillag, mert nehézelem-tartalma az átlagosnál nagyobb, s ez segíthetett a földszerű bolygók létrejöttükor. Mások azt hangsúlyozzák, hogy a Nap speciális pályán kering a Tejútrendszerben, amely elkerüli a sűrű spirálkarokon való veszélyes áthaladásokat. Ismét mások arra hivatkoznak, hogy a mi bolygórendszerünk azért különleges, mert az óriási gázbolygók annak külső vidékén keringenek, és többé-kevésbé védik az életet becsapódásukkal veszélyeztető üstökösöktől a belső Naprendszer.

### Drake-formula:

annak becslésére szolgáló formula, hogy milyen tényezők határozzák meg a velünk egy időben létező és kommunikálni képes idegen civilizációk számát a Tejútrendszerben. 1961-ben Frank Drake fogalmazta meg először.

### Lakható zóna:

csillagok körül lehatárolható övezet, amelyen belül ha közetbolygó található, felszínén az élet megjelenéséhez alkalmas környezet (hőmérséklet, sugárzási szint, valamilyen oldószer, elsősorban folyékony víz) jöhet létre.

## A Föld stabil helyzete a lakható zónában

Hosszan lehetne sorolni Földünk „különlegességeit”. Fontos körülmény lehet, hogy bolygónknak viszonylag nagy méretű Holdja van, amely stabilizálja a Föld forgástengelyét. A szén-dioxid körforgását a földköpeny és a légkör között a Föld egyedülálló lemeztektónikája, a kőzetlemezek folyamatos vándorlása, illetve a vulkanizmus biztosítja. Ez a légköri szén-dioxid-többlet kell ahhoz, hogy az üvegházhatás érvényesüljön, és a Föld lakható hőmérsékletre melegedjen. Maga a földi élővilág hozta létre az oxigénben gazdag földi légkört, és ennek következtében tudott létrejönni a veszélyes ultraibolya sugárzástól védő ózonréteg.

Ezek mind érdekes tulajdonságok, sajátosságok, melyek elősegíthették az élet fejlődését a Földön, de *bizonyíték* nincs arra, hogy bármelyik unikális jelenség lenne, illetve hogy bármelyik döntő jelentőségű lett volna az élet szempontjából. Más szóval, sem a csillagászati, sem a geofizikai sajátosságok nem perdöntő érvek amellet, hogy *csak* a Földön fejlődhetett ki az élet, máshol sehol.

## Az élet megjelenése

### Szükségszerű-e az élet megjelenése?

A rádiócsillagászati megfigyelések kiderítették, hogy az élethez szükséges szerves molekulák közül sok a csillagok közötti térben is megtalálható. Ez azonban nem jelenti magát az életet, amely alkotóelemein kívül igen bonyolult biokémiai és genetikai szerveződést is igényel. Márpedig az élő



A földi élővilág hozta létre az oxigénben gazdag légkört



**Pánspermia:**

a „bolygóközi megtermékenyítés” elmélete, mely szerint az élet csírái kisbolygók, üstökös-magok vagy meteorok belsejében juthatnak el égitestről égitestre, s lehetséges, hogy a Földre is ilyen módon került az élet.

**Archebaktériumok****vagy archeák:**

másképpen ősbaktériumok; az élővilág ma már legmagasabb rendszertani szinten elkülönített csoportja. Az archebaktériumok tehát külön birodalmat alkotnak a valódi baktériumok (eubaktériumok) és az eukarióták mellett. Elkülönítésüket sok szempontból egyedi biokémiai és genetikai szerveződésük indokolja. Feltehetően az utolsó közös őshőz legközelebb álló szervezetek, s belőlük alakultak ki az eukarióták. Zömükben extrémofil szervezetek.

sejteket irányító genetikai kód, a DNS aligha állhatott össze teljesen véletlen úton az alkotóelemekből – még a rendelkezésre álló évmilliárdok alatt sem.

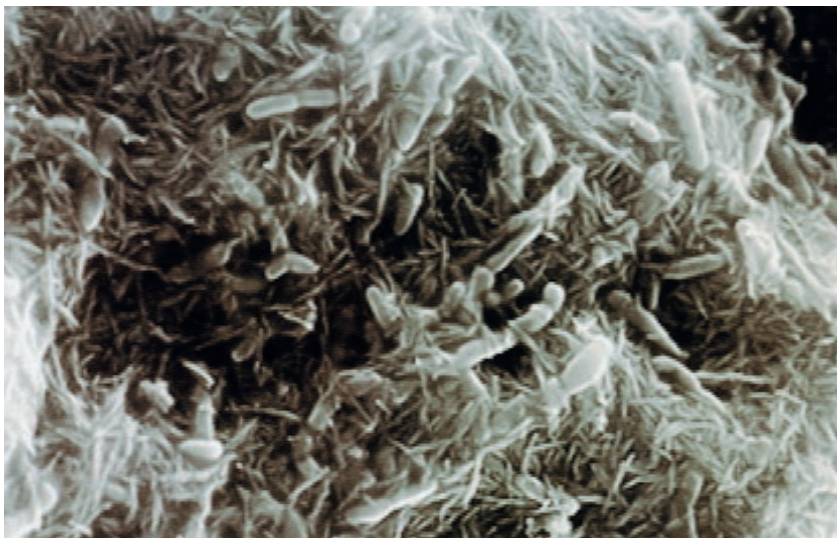
Ugyanakkor tudjuk, hogy a Földön a kezdeti sűrű égitest-bombázási korszak lezártakor szinte azonnal megjelent az élet. Vajon ezek az első egysejtűek az élettelen Föld „őslevesében” jöttek-e létre, ahogyan korábban vélték, vagy valahonnan a kozmoszból vetődtek ide, erre az éppen lakhatóvá vált bolygóra (**pánspermia**-elmélet)? Újabban felmerült az a lehetőség is, hogy az első földi élőlények nem a felszínen, hanem valahol a Föld mélyében születtek, hiszen ma már tudjuk, hogy a jelenlegi bioszféra legnagyobb részét éppen ezek a mélységi élőlények (főképpen **archebaktériumok**) alkotják.

## Élet keresése a Naprendszerben

### Az extrémofilek felfedezése

Újabban a Földön rendkívüli körülmények között is rábukkantak az élet primitív formáira: az óceánok mélyén, sziklák belsejében, 110 °C fölötti forró gejzírekben, az Antarktisz jegében és szikláiban, sőt a sztratoszférában is. Ezek az **extrémofil** élőlények kibírják a szélsőséges körülményeket: vizsgálatuk során kiderült, hogy az egyetlen dolog, amit az élet nem képes nélkülözni, a folyékony víz. Ezek után persze nem lehet kizárni, hogy hasonló életformák megjelenhettek másutt, a földinél sokkal zordabb körülményeket biztosító égitesteken is. A Mars például jelenleg nem tartózkodik a hagyományosan értelmezett „lakható zónában” (vagyis ahol a felszíni hőmérséklet a folyékony halmazállapotú vizet megengedi), mégis sikerült víz nyomaira bukkanni a felszínén. A Marson valaha sokkal melegebb lehetett, felszíne őrzi az akkori folyóvizek vájta medreket; másrészt bizonyos úrfelvéte-

*Extrémofilek*





Mai vízfolyások a Marson

lek arról tanúskodnak, hogy mintha bizonyos területein ma is lenne folyékony víz a felszínén, vagy a talajban. Márpedig ahol víz van, ott érdemes élet után kutatni.

## Óceán az Europa hold felszíne alatt

A Jupiter *Europa* nevű holdján a felszín töredezett jégkérgé alatt valószínűleg hatalmas víz-óceán rejtőzik, amelynek olvadtan tartásához az **árapályfűtés** biztosítja az energiát. Nem tudjuk, hogy az Europa óceánjának mélyén vannak-e hőforrások, és burjánzik-e bennük az élet, de ez sem lehetetlen. Az élet után kutató űrszondák fő célpontja ezért a Mars és az Europa – bár a légkörrel burkolt *Titán* hold is érdekes célpont lehet.

## Az élet utazása a bolygók között

### Életkutatói űrprogramok

Nagyon fontos, hogy ezen életkutató eszközökkel ne szennyezzük a többi égitestet, hiszen elsősorban *a földtől független* élet keresése e kutatások célja. Éppen az Antarktiszon talált és *marsi eredetűnek bizonyult* ALH84001

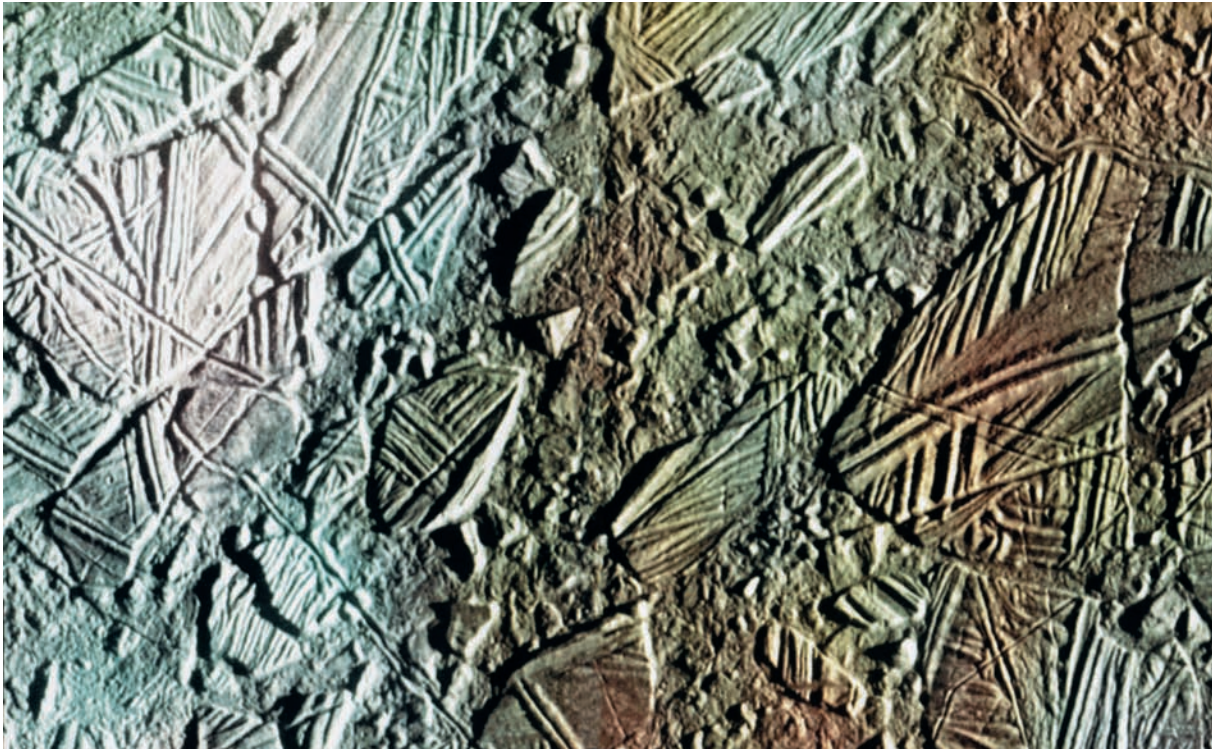
#### Extremofil szervezetek:

szélsőséges környezeti viszonyok elviselésére képes, illetve azokat kedvelő szervezetek. Általában egyszerű szerveződésűek, számos baktériumot és archebaktériumot találunk közöttük.

#### Árapályfűtés:

egy nagy tömegű égitest erős gravitációs hatása eltérő mértékben vonzza kisebb szilárd szomszédainak közelebbi és távolabbi részeit, ezért ha azok mozognak, rétegeikben periodikus elmozdulás történik és belső súrlódás lép fel, amely jelentős hőenergia-mennyiséget termel.





*Az Europa hold felszíne*

meteorit vizsgálatával kapcsolatban merült fel először az a lehetőség, hogy a becsapódó égitestek által a bolygók felszínéről kidobott meteoritokban az élet bizonyos formái eljuthatnak egyik bolygóról a másikra. Az ősi Mars-meteoritban ugyanis feltehetőleg megkövült nanobaktériumokat találtak, amelyek eredete ma még vita tárgya. Eljuthatott-e több milliárd évvel ezelőtt az élet a Földről a Marsra vagy fordítva? S hol keletkezett először, és miért éppen ott?

*Feltételezett marsi nanobaktériumok*





# Bolygók keresése csillagok körül

## Léteznek-e stabil bolygórendszerek, földszerű bolygók, lakható zónák?

Annyi azonban valószínű, hogy az élet bölcsőjét nem a forró csillagokban vagy a jeges csillagközi felhőkben, hanem az éppen megfelelő hőmérsékletű szilárd égitestek, bolygók (esetleg holdak) világában kell keresnünk. De léteznek-e megfelelő égitestek a „megfelelő helyeken”, vagyis a Naphoz hasonló csillagok körüli ún. *lakható zónákban*, ahol hosszabb ideig biztosítható az élethez szükséges folyékony  $H_2O$ , vagyis a víz fennmaradásához szükséges hőmérséklet? Azok a megfelelő égitestek, amelyeken elegendő szerves anyag van jelen, tömegük elég nagy egy jelentős gázléggör felépítéséhez és megtartásához stb. (Ezenkívül lehetnek még más feltételek is.)

A kilencvenes évek közepe óta precíz, bár közvetett csillagászati megfigyelések révén sikerült mintegy száz olyan kísérő égitestet, **exobolygót**, illetve **barna törpét** felfedezni közönséges csillagok körül, amelyek tömege jelentősen kisebb a csillagokénál, bár általában nagyobb a Jupiterénél. Egyetlen esetben – egy bolygónak a csillagkorong előtti átvonulását megfigyelve – sikerült bebizonyítani, hogy tényleg bolygóról van szó, és azóta egyértelműnek tekintik, hogy a közvetve megfigyelt égitestek túlnyomó többsége valóban az. Bár ezen újonnan felfedezett égitestek zöme igen közel kering csillagához, mások pályája pedig szokatlanul elnyúlt, ez mégsem zárja ki a Naprendszerhez hasonló bolygórendszerek létét, illetve azt, hogy lakható zónáikban egy vagy több *megfelelő bolygó* is keringhet, s ezek a műszerek javulásával remélhetőleg hamarosan felfedezhetőkké válnak. A jövő tervezett űreszközeinek egy fontos csoportja (pl. a *Terrestrial Planet Finder*) felfedezi, s azután közvetlen vizsgálat tárgyává teszi majd ezeket az életgyanús égitesteket, és megpróbálja színképi úton elemezni légkörük összetételét.

## Az élet fejlődése az értelem és a technika felé

A Drake-formula utolsó három tényezőjének értéke teljesen bizonytalan, mivel minden következtetés csak egyetlen ismert esetre, a Földön élő emberiség példájára támaszkodhat. Azok, akik rendkívül ritkának és kivételes eseménynek tartják az intelligencia és a technikai civilizáció megjelenését az Univerzumban, a **szupercivilizációk** létrejöttét, rendszerint arra hivatkoznak, hogy az élet története ugyan évmilliárdokig tartott Földünkön, de az ember és főleg a technikai civilizáció csak e fejlődés „*legutolsó másodpercében*” jelent meg a színen. Azt is fontosnak tartják hangsúlyozni, hogy a fajok milliárdjai közül csak *egyetlenegy*, tudniillik a *Homo sapiens* jutott el a technikai civilizáció nagy távolságból is észlelhető szintjére. (Egyedül a

### Exobolygó:

Naprendszeren kívüli bolygó. Jelenleg több mint száz ilyen égitestet ismerünk.

### Barna törpe:

olyan csillagkezdemény, amelyben a kezdeti kis tömeg miatt (kevesebb, mint 0,08 naptömeg) nem indultak meg az atommagfúziós folyamatok.

### Szupercivilizáció:

az orosz Ny. Sz. Kardasov professzor által felvetett lehetőség, hogy bizonyos Földön kívüli civilizációk már eljuthattak fejlődésük olyan fokára, hogy képesek felhasználni csillaguk vagy csillagrendszerük teljes energiáját. Ilyen szupercivilizációk léte az infravörös tartományban nagy távolságból is felismerhető lenne.

**SETI****(Search for Extraterrestrial Intelligence):**

Földön kívüli értelem, pontosabban kommunikáló technikai civilizáció kutatása. A színkép infravörös, látható és mikrohullámú tartományainak passzív vizsgálata mesterséges eredetű jelek után. 1960-ban az OZMA-projektrel kezdődött.

**Phoenix:**

a SETI Institute által vezetett mikrohullámú SETI-program, amely kiválasztott csillagokat céloz meg. A megfigyeléseket főleg az arecibói rádiótávcsővel végzik. Az 1992-ben megindított és 1993-ban leállított hivatalos NASA SETI-program egy részének folytatása.

**SERENDIP:**

a Berkeley Egyetemen kezdeményezett SETI-program. A mikrohullámú megfigyeléseket a Hat Creek Radio Astronomy Observatory, a JPL-Goldstone és Arecibo rádiótávcsöveivel hajtják végre anélkül, hogy azok rádiócsillagászati programjait módosítani kellene. A sokcsatornás spektromanalizátor ugyanis SETI-célra elemzi a rádiótávcső megfigyeléseit, függetlenül attól, hogy a távcső éppen milyen égitest felé irányul.

**Argus:**

a SETI League által koordinált amatőr SETI-program, amelynek célja az egész égbolt folyamatos lefedése és vizsgálata több ezer kisteljesítményű rádiótávcsővel.

kommunikáló és a természetet átalakító technika az, amelynek jelei a hatalmas csillagászati távolságokból mai eszközeinkkel felismerhetőek; még egy intelligens, de a technikát nem, hanem csak például a bölcséletet fejlesztő társadalom sem észlelhető, ha túl van a Naprendszer határain.)

Mit lehet erre válaszolni? Kétségtelen, hogy az emberiség útja különleges és egyedi, talán megismételhetetlen. A civilizáció kialakulása a Földön igen soká tartott, és csak egyetlen faj esetében valósult meg. De többféle út is vezethet ugyanarra az eredményre! A technikai fejlődés következtében lehetségessé válhat egy civilizáció elterjedése az Univerzumban. Nincs bizonyíték arra, hogy másutt, egy teljesen más felépítésű élőlényekből álló társadalom nem juthat-e el a miénktől teljesen eltérő úton *ugyanarra az eredményre*. A természet a Földön is produkált hasonló eseteket, amikor az evolúció során két különböző folyamatban szinte azonos eredmény jött létre (példa erre a szem többszöri kialakulása vagy az *Ichthyosaurus* és a delfin esete).

S itt lehet és kell arra hivatkozni, hogy *egyetlen*, technikailag nagyon fejlett szupercivilizáció az Univerzum korához képest rövid idő, évmilliók alatt elterjedhet az egész Tejútrendszerben. Jelenleg nem ismerünk olyan természeti törvényt, amely ennek a gyarmatosítási folyamatnak gátat tudna vetni („de akkor hol vannak?” – kérdezte Enrico Fermi, több mint ötven évvel ezelőtt). Vagy ha mégis leküzdhetetlen akadályt képez a csillagok közötti térség az intersztelláris utazások számára, akkor is lehetséges – ez egyértelmű – az elektromágneses sugárzásokon alapuló kommunikáció az egyidejűleg létező, magasan fejlett civilizációk között. Ilyen üzenetek vagy jelek keresésével érdemes tudományos kutatási programként foglalkozni.

## Technikai civilizációk jeleinek, nyomainak keresése

### A rádiós és optikai SETI-programok stratégiája

Földünket mintegy száz éve folyamatosan hagyja el elektromágneses (rádió-, később televízió-, radar- és lézer-) sugárzás, és ennek erőssége az elmúlt évtizedek során annyira felerősödött, hogy a közeli csillagok környezetéből a Földön ma létező vagy megépíthető távcsövekkel érzékelhető lenne. Annak felismerése sem jelentene nagy problémát, hogy a Naprendszer irányából nem természetes, hanem mesterséges eredetű sugárzás érkezik. A természet például nem állít elő igen keskeny frekvenciasávban nagy teljesítményt sugárzó, esetleg modulált rádióadókat. Frank Drake 1960-ban megindított rádiócsillagászati megfigyelési programja éppen arra irányult, hogy speciális, érzékeny rádióvevőkkel próbáljunk mesterséges eredetű jeleket keresni *a másik oldalról*, vagyis az Univerzum rádiózajában. Kiválasztották azt a frekvenciasávot (1–10 GHz), ahol az alapzaj a legkisebb, vagyis a kutatás a leginkább célravezetőnek tűnik.





ARECIBO rádiótávcső

## Tervek a jövőre

Azóta hasonló, bár sokkal tökéletesebb rádiócsillagászati *SETI*- (kutatás Földön kívüli intelligenciák után) programok tucatjai jöttek létre, néhány közülük – mint például az amerikai **Phoenix**-, **SERENDIP**-, **META**-programok, továbbá Auszália, Argentína, Olaszország és Nagy-Britannia egyes rádiócsillagászati obszervatóriumaiban – napjainkban is folyik. Egy részük kiválasztott, kedvezőnek tűnő csillagok környezetére koncentrál, más részük az egész ég letapogatására törekszik. A „hivatalos”, bár állami támogatás nélküli programok mellé felzárkóztak az amatőrök is (*SETI League*, *Argus*, illetve a **SETI@home** program). A rádiós SETI következő célkitűzése a sok párhuzamosan kapcsolt rádiótávcsőből álló *Allen Telescope Array* megvalósítása.

Újabban lendületet kapott a kutatás az optikai tartományban is, hiszen a nagy teljesítményű optikai lézerek a földi távközlés fontos eszközeivé váltak. Nagy távolságokra szóló üzenetek továbbítására ez a technika még a rádiónál is alkalmasabbnak tűnik.

### **SETI@home:**

a SERENDIP-megfigyelések feldolgozását személyi számítógépeknek az interneten keresztül összekapcsolt hálózata végzi az egész világon. A több millió számítógépen a program ernaővédőként, szabad időben dolgozik, az eredményeket Berkeleyben összesítik.



# Jövők az Univerzumban

## Mit jelent a „ kozmikus csönd ”?

A SETI-kutatások mindmáig nem vezettek konkrét eredményre. Nincs jele annak, hogy valaki üzenni akarna nekünk. Arra sincs semmiféle bizonyíték, hogy valahol a távoli űrben, a csillagok körül jelentős méretű természetátalakítás folya.

Azt jelenti-e ez, hogy *egyedül vagyunk*, hogy nincsenek társaink az Univerzumban? (**Fermi-paradoxon.**)

Óvatosan kell bánni ezekkel a következtetésekkel. Lehet, hogy rossz időpontban, rossz irányban, rossz módszerrel keresgélünk. Lehet, hogy nem ismerjük fel, amit észre kellene vennünk. Lehet, hogy nekünk kellene jelentkeznünk. Lehet, hogy figyelnek bennünket, de megítélésük szerint még nem értük el azt a szintet, amikor érdemes velünk kapcsolatba lépni. Negyven év tapogatózó, kezdetleges kutatásainak negatív eredménye még nem elég ahhoz, hogy végső következtetésként kimondjuk: ebben a mérhetetlenül nagy Univerzumban egyedül az emberiség lépett ki a világűrbe és fejlesztett ki űrhajózási és távközlési technikát.

Ha azonban ez a „ kozmikus csönd ” maga a valóság, akkor sem tudhatjuk, hogy tényleg első vagyunk-e a technikai civilizációvá fejlődés rögzös útján, vagy netán voltak társaink mindenfelé, de rövid időn belül egytől egyig elpusztultak vagy elpusztították önmagukat. Sokkal fontosabb és komolyabb kérdések ezek, mint ahogy jelenleg a közvélemény, az oktatás vagy a média véli. Megválaszolásukra érdemes jelentős tudományos erőket koncentrálni – felkészülve arra, hogy e kutatások igen hosszú időt vehetnek igénybe, és arra is, hogy az emberiséget a válasszal még hatalmas meglepetések érhetik.

### Fermi-paradoxon:

Enrico Fermi híres kérdése a múlt század közepéről: ha a Tejútrendszer tele lenne fejlett technikai civilizációkkal, akkor miért nincsenek még itt, a Földön? Ez a paradoxon azóta sokféle változatban szerepel a SETI-irodalomban.



## Ajánlott irodalom

*Almár Iván:* A SETI szépsége. Bp.: Vince K., 1999.

*Ashpole, Edward:* A Földön kívüli élet kutatása.  
Bp.: Akadémiai K., 1992.

*Attenborough, David:* Élet a Földön. Bp.: Novotrade, 1989.

*Crick, Francis:* Az élet mikéntje, eredete és természete.  
Bp.: Gondolat, 1987.

*Davies, Paul:* Egyedül vagyunk a Világegyetemben?  
Bp.: Kulturtrade, 1996.

*Davies, Paul:* Az ötödik csoda. Bp.: Vince K., 2000.

*Davies Paul:* Isten gondolatai. Bp.: Vince K., 2000.

*Dawkins, Richard:* Folyam az Édenkertből.  
Bp.: Kulturtrade, 1995.

*Dorschner, Johann:* Van-e élet a Földön kívül?  
Bp.: Gondolat, 1975.

*Fodor L. István:* Földön kívüli élet. Bp.: Natura, 1984.

*Galántai Zoltán:* Marscsatornák, idegen világok, angyalok,  
földönkívüliek. Bp.: Pesti Szalon, 1996.

*Gánti Tibor:* A kvarkoktól a galaktikus társadalomig.  
Bp.: Kossuth K., 1975.

*Gánti Tibor:* Az élet princípiuma. Bp.: Gondolat,  
1978.

*Gánti Tibor:* Kontra Crick, avagy az élet mivolta.  
Bp.: Gondolat, 1989.

*Sklovszkij, Joszif Szamuilovics:* Világegyetem, élet, értelem.  
Bp.: Gondolat, 1976.

*Szathmáry Eörs – Maynard-Smith, John:* A földi élet  
regénye. Bp.: Vince K., 2000.

*Törő Tibor (szerk.):* Kozmikus társkeresés. Bukarest:  
Kriterion, 1983.

*Várkonyi Tibor:* Kozmikus biológia. Bp.: Antikva K.,  
1998.

*Venetianer Pál:* A DNS szép új világa. Bp.: Kulturtrade,  
1998.

*Vida Gábor:* Az élet keletkezése. Bp.: Gondolat, 1981.

